

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-303495  
(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.CI. H01S 3/18

(21)Application number : 09-112151 (71)Applicant : FUJITSU LTD  
(22)Date of filing : 30.04.1997 (72)Inventor : MORII NORITSUG

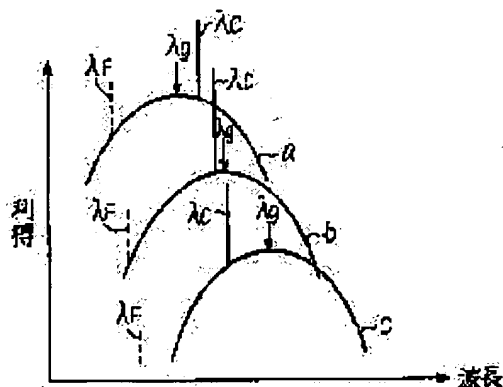
### (54) SEMICONDUCTOR LASER

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the temperature characteristics of the oscillation intensity of a distributed feedback laser.

SOLUTION: The peak wavelength  $\lambda_g$  is selected so that the relation between the oscillatory wavelength  $\lambda_c$  determined by a diffraction grating and the peak wavelength  $\lambda_g$  of the gain spectrum of an active layer may be such that  $0 = \lambda_g - \lambda_c = 10$  nm.

Moreover, the reflectance of the emission face is made 0.1% or under. Since  $\lambda_g - \lambda_c$  is small at 25°C,  $\lambda_g - \lambda_c$  does not become large at high temperature, and also at low temperature, the absolute value of  $\lambda_g - \lambda_c$  is smaller than that at high temperature. Therefore, the dependency on temperature of the oscillation intensity is small. Moreover, the Fabry-Perot oscillation at low temperature arising in such a constitution can be prevented.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 公開番号  
特開平 10-303495  
(P10-303495A)

(43) 公開日 平成 10 年 11 月 13 日 (1998.11.13)

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01S 3/18

F I  
H01S 3/18

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 09-112151 (P09-112151)  
(22) 出願日 平成 9 年 4 月 30 日 (1997.04.30)

(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
(72) 発明者 森井 法次  
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内  
(75) 代理人 弁理士 井桁 貞一

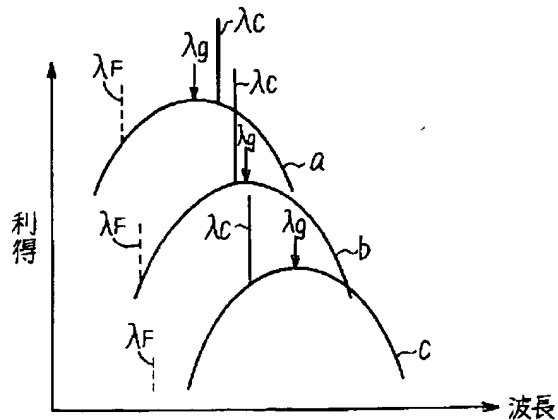
(54) 発明の名称 半導体レーザー

(57) 要約

【課題】 DFBレーザの発振強度の温度特性を改善する。

【解決手段】 回折格子で定まる発振波長  $\lambda_c$  と活性層の利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  との関係が、25℃において、 $0 \leq \lambda_g - \lambda_c \leq 10 \text{ nm}$  となるようにピーク波長  $\lambda_g$  を選定する。また、出射面の反射率を 0.1% 以下にする。25℃で  $\lambda_g - \lambda_c$  が小さいため、高温で  $\lambda_g - \lambda_c$  が大きくなり、また低温でも  $\lambda_g - \lambda_c$  の絶対値は高温時より小さい。このため、発振強度の温度依存性が小さい。また、かかる構成で生ずる低温でのファブリペロ発振を防止できる。

本発明の原理説明図



(特開平 10-303495)

(1)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

活性層と発振波長を決定する回折格子とを有する半導体レーザにおいて、該発振波長を $\lambda_c$ とし、該活性層の利得スペクトルのピーク波長を $\lambda_g$ とすると、 $25^\circ\text{C}$ において、 $0 \leq \lambda_g - \lambda_c \leq 10\text{nm}$ 、であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の半導体レーザにおいて、光の出射面に形成された 0.1% 以下の反射率を有する反射防止膜と、該出射面の対向面に形成された反射膜とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 3】

InP 基板上に形成されたメサストライプ型分布帰還型半導体レーザからなることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は回折格子により発振波長が決定される半導体レーザに関し、とくに温度特性の優れた半導体レーザに関する。

【0002】

分布帰還型半導体レーザに代表される回折格子を備え、その回折格子により選定される特定の波長に発振波長が決定される半導体レーザは、発振波長の制御性等が優れるため広く光通信に使用されている。かかる半導体レーザを組み込んだ光通信用半導体レーザモジュールは、小型化及び低消費電力化の観点から冷却装置を省略することが望まれる。しかし、冷却装置を省略するには、環境の温度変化に対する半導体レーザの発振光強度の変動が十分小さくなくてはならない。このため、発振光強度の温度特性が優れた半導体レーザが要望されている。

【0003】

【従来の技術】

従来の半導体レーザでは、応答特性を向上するため、回折格子により決定される発振波長を活性層の利得ピーク波長より 10nm を越える短波長領域に設定していた。しかし、かかる構成の半導体レーザは、その構造上の理由から環境の温度変化に対する発振しきい値及び発振強度の変動が大きく、半導体レーザの冷却装置を具備しない半導体レーザモジュールに用いることができない。以下、分布帰還型半導体レーザの従来例に基づいてその理由を説明する。

【0004】

図 2 は従来例説明図であり、異なる温度における従来の半導体レーザの活性層の利得スペクトル及び発振波長を表している。図 2 中、 $\lambda_g$  活性層の利得スペクトル

(2)

のピーク波長を、 $\lambda_c$  は発振波長を表し、曲線 a, b, c はそれぞれ温度が  $-40^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$  及び  $85^\circ\text{C}$  における活性層の利得スペクトル及び発振波長を表している。

【0005】

図 2 を参照して、従来の半導体レーザでは、曲線 b に示すように  $25^\circ\text{C}$  において、活性層の利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  より 10nm を越える短波長領域に発振波長  $\lambda_c$  を設定していた。これは、応答特性を改善するためである。

【0006】

ここで、活性層の利得スペクトルは主に活性層の材料により決定され、また、発振波長  $\lambda_c$  は主に回折格子のピッチ、活性層から回折格子までの距離及び光導波路の屈折率により決定される。このように利得スペクトルと発振波長  $\lambda_c$  との決定要因が異なるため、利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  と発振波長  $\lambda_c$  との温度特性は異なる。回折格子を使用する半導体レーザでは一般に、発振波長  $\lambda_c$  の温度依存性及び活性層の利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  の温度依存性は両者とも正、即ち温度上昇とともに長波長側に移動する性質を有する。さらに、活性層の利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  の温度依存性は、発振波長  $\lambda_c$  の温度依存性、即ち回折格子の温度依存性より小さい。その結果、かかる半導体レーザでは、高温では曲線 c を参照して、利得スペクトルのピーク波長  $\lambda_g$  が発振波長  $\lambda_c$  よりも大きく長波長側にシフトし、ピーク波長  $\lambda_g$  と発振波長  $\lambda_c$  との波長差  $\lambda_g - \lambda_c$  が拡大する。従来の半導体レーザでは、 $25^\circ\text{C}$  において既に 10nm を越えるピーク波長  $\lambda_g$  と発振波長  $\lambda_c$  との波長差  $\lambda_g - \lambda_c$  が設けられているため、この  $25^\circ\text{C}$  で設定した波長差  $\lambda_g - \lambda_c$  が温度上昇に基づき拡大する波長差に加算され、高温では非常に大きな波長差を生ずる。その結果発振しきい値は大きくかつ発振強度は弱くなる。逆に低温では曲線 a を参照して、ピーク波長  $\lambda_g$  と発振波長  $\lambda_c$  との差  $\lambda_g - \lambda_c$  が小さくなり、発振しきい値は小さく発振強度は強くなる。このため、従来の半導体レーザは発振しきい値及び発振強度の温度依存性が大きい。

【0007】

一方、回折格子を使用する半導体レーザでは、光の出射面に反射防止膜を設けて戻り光を減少させ、また反対面を高反射率の反射面として光の損失を少なくする。この出射面に設ける反射防止膜は、反射面との間で構成されるファブリペロ共振器に基づくファブリペロ共振を防止できる程度の低反射率でなければならない。上述した従来の半導体レーザでは、半導体レーザの冷却装置の使用を前提とし半導体レーザの周囲温度を  $25^\circ\text{C}$  近くに制御しているため、 $25^\circ\text{C}$  近くでファブリペロ共振が生じない程度の低反射率に設計される。かかる反射防止膜は、具体的には 1% 程度の反射率の単層膜で実現されている。

(特開平 10-303495)

(3)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来の半導体レーザでは、25℃において発振波長を活性層のピーク波長より10nmを越えて短波長に設定するため、発振波長とピーク波長との差が、25℃における値より低温で小さく高温で大きくなり、発振しきい値及び発振強度の温度依存性が大きいという問題があった。

【0009】

本発明は、発振波長と活性層の利得スペクトルのピーク波長との差を使用温度範囲で小さく設定することで、発振しきい値及び発振強度の温度依存性の小さい半導体レーザを提供することを目的とする。さらに、かかる構成で発生しやすくなるファブリペロ発振を抑制することで、温度依存性が小さくかつ寄生発振が起こりにくい半導体レーザを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

図1は本発明の原理説明図であり、異なる温度における本発明にかかる半導体レーザの活性層の利得スペクトル及び発振波長を表している。図2中、 $\lambda_g$ 活性層の利得スペクトルのピーク波長を、 $\lambda_c$ は発振波長を表し、a, b, cはそれぞれ温度が-40℃、25℃及び85℃における活性層の利得スペクトル及び発振波長を表している。図3は本発明の実施例斜視図であり、埋め込みメサストライプ型分布帰還型半導体レーザを表している。図4は本発明の実施例A部断面であり、図3中のA部、即ち半導体レーザの光出射面の断面構造を表している。

【0011】

上記課題を解決するための本発明の第一の構成は、図1及び図3を参照して、活性層4と発振波長 $\lambda_c$ を決定する回折格子10とを有する半導体レーザにおいて、該発振波長を $\lambda_c$ とし、該活性層の利得スペクトルのピーク波長を $\lambda_g$ とすると、25℃において、 $0 \leq \lambda_g - \lambda_c \leq 10 \text{ nm}$ 、であることを特徴として構成し、及び、第二の構成は、図3及び図4を参照して、第一の構成の半導体レーザにおいて、光の出射面6に形成された0.1%以下の反射率を有する反射防止膜8と、該出射面6の対向面に形成された反射膜とを備えたことを特徴として構成し、及び、第三の構成は、InP基板上に形成されたメサストライプ型分布帰還型半導体レーザからなることを特徴とする第一又は第二の構成の半導体レーザとして構成する。

【0012】

本発明の第一の構成では、半導体レーザは活性層と回折格子を有し、その発振波長は回折格子により決定される。かかる半導体レーザには、例えば分布帰還型(DFB)レーザ、分布ブラッグ反射型(DBR)レーザ、分布反射型(DR)レーザがある。本構成では、図1中の

(4)

曲線bを参照して、25℃において、活性層の利得スペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ が所定の発振波長 $\lambda_c$ に対して、 $0 \leq \lambda_g - \lambda_c \leq 10 \text{ nm}$ 、が成立するように活性層を設計する。かかる活性層の利得スペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ は、例えば多重量子井戸構造の発振層では井戸層の厚さ又は材料を選定することで、また一層の発振層では適切な禁制帯幅の発振層材料を選定することで所望の波長に設定することができる。

【0013】

10 既述のように、一般に、利得スペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ の温度変化は回折格子で定まる発振波長 $\lambda_c$ の温度変化より大きく、かつこれらの変化は温度係数が正であり温度上昇とともに長波長側にシフトする。従って、温度上昇とともに、図1の曲線cを参照して、利得スペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ は、長波長側に向かって発振波長 $\lambda_c$ の移動量よりも大きく移動する。その結果ピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ との差 $\lambda_g - \lambda_c$ は25℃の場合よりも大きくなる。これは既述の従来の半導体レーザも同様である。

【0014】

20 しかし、本発明の第一の構成では、図1の曲線bを参照して、25℃におけるピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ との差 $\lambda_g - \lambda_c$ が10nm以内と小さいから、25℃においてピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ との差 $\lambda_g - \lambda_c$ が10nm以上の従来の半導体レーザよりも、高温におけるピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ との差 $\lambda_g - \lambda_c$ は小さい。従って、本構成の半導体レーザにおける昇温時の発振しきい値及び発振強度の温度変化は、従来の半導体レーザより小さい。

30 【0015】

さらに本構成の半導体レーザでは、図1の曲線aを参照して、温度降下とともにピーク波長 $\lambda_g$ は発振波長 $\lambda_c$ に近ずき、さらには発振波長 $\lambda_c$ を越えてより短波長側にまで変化する。その結果、低温におけるピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ との波長差 $\lambda_g - \lambda_c$ は、温度降下とともにピーク波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda_c$ とが近づく一方の従来の半導体レーザよりも小さい場合も大きい場合も起こりえる。しかし、25℃からの温度変化の絶対値が同じならば、低温時の波長差が高温時の波長差を越えることはない。従って、本構成の半導体レーザでは、降温時の発振しきい値及び発振強度の温度変化は、大きなときでもたかだか高温時の発振しきい値及び発振強度の変化の程度に留まり、結果として全温度領域にわたる発振しきい値及び発振強度の変動は従来の半導体レーザより小さくなる。

【0016】

50 さらに、本構成の半導体レーザでは、25℃において $0 \leq \lambda_g - \lambda_c$ とする。これは、 $\lambda_g - \lambda_c \leq 0$ とした半導体レーザは、低温においてファブリペロ発振に基づく寄生発振を起こすため、低温環境で使用するためには

(特開平 10-303495)

(5)

適しないためである。なお、低温時のファブリペロ発振は、以下に述べる第二の構成を採用する場合にも生じた。

【0017】

本発明の第二の構成では、図3及び図4を参照して、出射面6に反射率が0.1%以下の反射防止膜を形成し、一方の対向面に反射膜を形成して高反射率の反射面7とする。

【0018】

半導体レーザは、一般に低温で寄生振動を起こしやすい。既述した従来の半導体レーザでは、冷却装置の使用のもと25℃付近の温度で使用されるため、本発明の半導体レーザが使用されるような低温、例えば-40℃における程には寄生発振を起こしにくい。さらに、図2を参照して、低温では活性層の利得スペクトルピーク波長 $\lambda_g$ は発振波長 $\lambda_c$ に近くなる。一方、ファブリペロ共振波長 $\lambda_F$ は寄生発振を避けるため発振波長 $\lambda_c$ より十分短波長側に設定される。その結果、ファブリペロ共振波長 $\lambda_F$ はスペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ から短波長側に十分離れはなれ、ファブリペロ共振波長 $\lambda_F$ での活性層の利得は非常に小さい。このため、ファブリペロ共振に基づく寄生発振は、光の出射面の反射防止膜の反射率を1%程度とすることで十分である。かかる程度の反射防止膜は一層のコートで実現することができる。

【0019】

これに対して、低温においても使用される本発明の半導体レーザでは、ファブリペロ共振に基づく寄生発振を起こしやすい。さらに上述した本発明の第一の構成に係る半導体レーザでは、図1を参照して、低温時においてピーク波長 $\lambda_g$ が発振波長 $\lambda_c$ よりも短波長領域に大きく移動する。このため、ファブリペロ共振波長 $\lambda_F$ が存在する短波長領域にまで活性層の高利得スペクトル領域が移動し、ファブリペロ共振に基づく寄生発振がさらに起こりやすくなる。このため、従来の半導体レーザに使用されている一層の反射防止膜によっては、低温での寄生発振が避けられず実用に給し得ない。本発明者は実験により、このファブリペロ共振に基づく寄生発振は、25℃において発振波長 $\lambda_g$ と活性層の利得スペクトルのピーク波長とを一致させた場合、反射防止膜の反射率が0.1%以下のとき-40℃～85℃において発生を防止することができることを確認した。本発明の第二の構成では、出射面6の反射率を0.1%とすることで、高反射率の反射面7と出射面6とで構成されるファブリペロ共振器の利得を低くする。これにより、ファブリペロ共振に基づく寄生発振が回避される。かかる反射率が0.1%程度の反射防止膜は例えば2層膜により実現される。また、2層膜の反射防止膜は、反射率が0.1%～0.04%程度であり-40℃での寄生発振防止に有効である一方、3層以上の多層膜に比べ製作が容易である。なお、反射面を高反射率の反射面7とするのは、従来と同じく光の損失を小さくするためである。

(6)

【0020】

上述した第一及び第二の構成は、1.3又は1.5 $\mu$ m帯の光通信に広く使用されている半導体レーザ、例えばInP基板上に形成されたメサストライプ型分布帰還型半導体レーザに有効に適用することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

本発明を1.3 $\mu$ m帯用の埋め込みメサストライプ型帰還分布型半導体レーザに適用した実施例を参照して説明する。

【0022】

本実施例の半導体レーザは、図3を参照して、InP基板1上に形成されたメサ9内に活性層4と回折格子10が形成される。メサ9は、n型InP基板1側からガイド層2、下側SCH層3、活性層4、上側SCH層3、及びp型InPクラッド層5が順次積層されて構成される。なお、基板1の裏面及びメサ9上に設けられる電極は図示されていない。

【0023】

図5は、本発明の実施例エネルギーバンド図であり、メサ9の積層構造を図4中の線ABに沿うエネルギーバンドにより表したものである。図5を参照して、活性層4は、PL発光波長が1248nmのInGaAsPからなる厚さ6nmの井戸層4bとPL発光波長が1100nmのInGaAsPからなる厚さ10nmの障壁層4aとを交互に積層した多重量子井戸構造を有する。従来の半導体レーザの井戸層のPL発光波長は1260nm程度で、その利得スペクトルのピーク波長は25℃において発振波長より10nm以上離れていたが、本実施例の場合は利得スペクトルのピーク波長は25℃において発振波長にほぼ等しい。なお、この活性層4の利得スペクトルのピーク波長 $\lambda_g$ は、井戸層4bの電子準位のバンド幅 $E_g$ に関連し、井戸層4bの組成又は厚さを変更することで変えることができる。

【0024】

SCH層は厚さ100nmのInGaAsPからなり、活性層4のそれぞれ上下に設けられる。また、ガイド層2は厚さ100nmのInGaAsPからなり、基板1との界面に回折格子10を構成する周期202nmのコレグレーションが形成される。

【0025】

図4を参照して、半導体レーザの対向する端面のうち、光の出射面6には反射防止膜が形成され、他の端面である反射面7には通常用いられる高反射率の反射膜が形成される。この反射防止膜8はTiO<sub>2</sub>膜8b上にSiO<sub>2</sub>膜8aを堆積した2層膜からなり、0.1%以下の反射率が得られ、通常用いられる一層の反射防止膜より1.3 $\mu$ m帯での反射率が低い。

【0026】

上述した本実施例の半導体レーザの活性層の利得ス

(特開平 10-303495)

(7)

ベクトルのピーク波長は $0.4 \sim 0.5 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ の温度係数を有し、発振波長の温度係数は略 $0.1 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ であった。また、 $85^\circ\text{C}$ から $-40^\circ\text{C}$ の範囲について、同じ温度係数のピーク波長及び発振波長特性を有する従来の半導体レーザよりも、しきい値温度依存性及び発光効率温度依存性が小さく、さらにかかる温度範囲においてファブリペロ発振に基づく寄生発振は観測されなかった。

【0027】

【発明の効果】

上述したように本発明によれば、回折格子により発振波長が定まる半導体レーザにおいて、低温から高温にいたるまで活性層の利得スペクトルのピーク波長と発振波長との差が小さいため、発振しきい値及び発振強度の温度依存性が小さな半導体レーザを提供することができる。さらに、反射防止膜の反射率を $0.1\%$ 以下にすることで、低温における寄生発振を防止することができるため、温度依存性が小さくかつ低温における寄生発振のない半導体レーザを提供することができる。従って、本発明は光通信器の性能向上に寄与するところが大い

10

20

(8)

【図面の簡単な説明】

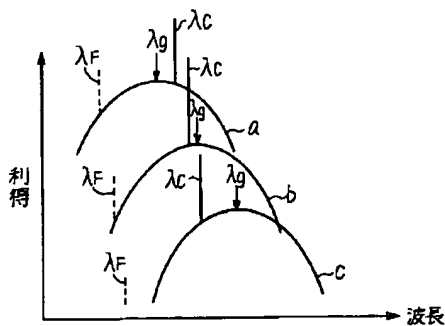
- 【図1】 本発明の原理説明図
- 【図2】 従来例説明図
- 【図3】 本発明の実施例斜視図
- 【図4】 本発明の実施例A部断面図
- 【図5】 本発明の実施例エネルギーバンド図

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 ガイド層
- 3 SCH層
- 4 活性層
- 4a 障壁層
- 4b 井戸層
- 5 クラッド層
- 6 出射面
- 7 反射面
- 8 反射防止膜
- 8a  $\text{SiO}_2$ 膜
- 8b  $\text{TiO}_2$ 膜
- 9 メサ
- 10 回折格子

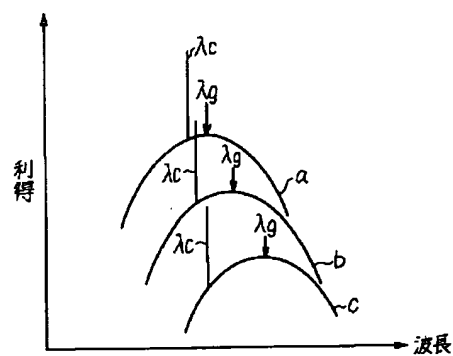
【図1】

本発明の原理説明図



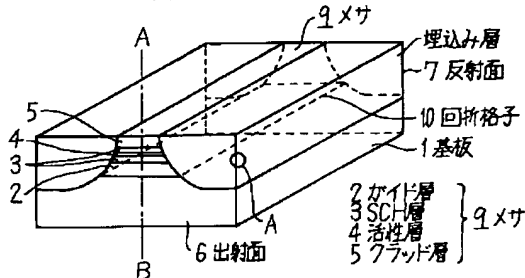
【図2】

従来例説明図



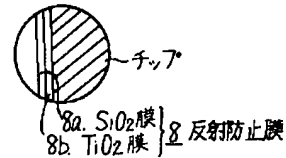
【図3】

本発明の実施例斜視図



【図4】

本発明の実施例A部断面断面図



(特開平 10-303495)

【図5】  
本発明の実施例エネルギーバンド図

